

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**BEST AVAILABLE COPY****PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 15 JUN 2004
WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 18 566.6

Anmeldetag: 15. April 2003

Anmelder/Inhaber: Fresnel Optics GmbH, 99510 Apolda/DE;
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, 80636 München/DE

Bezeichnung: Verfahren und Werkzeug zur Herstellung
transparenter optischer Elemente aus
polymeren Werkstoffen

IPC: G 02 B, B 29 D, B 82 B

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 11. Mai 2004.
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
im Auftrag

Hoß

Fresnel Optics GmbH, FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT
038P 0690

Verfahren und Werkzeug zur Herstellung transparenter optischer Elemente aus polymeren Werkstoffen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie Werkzeuge zur Herstellung transparenter optischer Elemente aus polymeren Werkstoffen. Die so hergestellten optischen Elemente sollen auf mindestens einer Oberfläche zumindest bereichsweise eine reduzierte Grenzflächenreflexion erreichen.

Solche optischen Elemente aus polymeren Werkstoffen werden immer häufiger für die verschiedensten Anwendungen eingesetzt. Dabei sind reflexionsbedingte Verluste unerwünscht und der Anteil an den Oberflächen solcher optischen Elemente reflektierter elektromagnetischer Strahlung, die nachfolgend nicht genutzt werden kann, soll so klein als möglich gehalten werden. So werden Bestrebungen unternommen, diesen Anteil $\leq 4\%$, bevorzugt $\leq 1\%$ pro Fläche zu halten.

Um diesem Problem entgegen zu wirken wurden unterschiedliche Lösungsansätze in der Vergangenheit verfolgt.

5 So ist es bekannt, auf den Oberflächen von optischen Elementen Schichtsysteme, die aus mehreren übereinander angeordneten dünnen Schichten gebildet worden sind, in der Regel als Wechselschichtsysteme auszubilden. Die Aufbringung solcher Schichtsysteme ist 10 kostenintensiv, führt auch zu einer Reduzierung der Transmission und Haftungsprobleme solcher Schichtsysteme auf den Oberflächen von optischen Elementen können nicht ausgeschlossen werden.

15 Da solche Schichtsysteme üblicherweise im Vakuum durch an sich bekannte PVD- oder CVD-Verfahrenstechniken ausgebildet werden können ist die Herstellung solcher optischen Elemente in großen Losgrößen mit entsprechend hohen Kosten verbunden.

20 Ein anderer Weg der zur Reduzierung des reflektierten Anteils an elektromagnetischer Strahlung gewählt worden ist, besteht in der Ausbildung von Mikrostrukturen, den so genannten Mottenaugenstrukturen auf den entsprechenden zu entspiegelnden Oberflächen. Entsprechende Lösungen sind beispielsweise von A. Gombert und W. Glaubitt in Thin solid films 351 (1999), Seiten 73 bis 78 und von D. L. Brundrett, E. N. Glysis, T. K. Gaylord in Applied optics 16 (1994), Seiten 25 30 2695 bis 2706 beschrieben.

Mit diesen bekannten Lösungen kann eine Reduzierung des Anteils an reflektierter elektromagnetischer Strahlung jeweils in entsprechend begrenzten Einfallswinkelbereichen und in einem entsprechend begrenzten Spektralbereich; also für bestimmte Ein-

fallswinkel bzw. für ausgewählte Wellenlängen der jeweiligen elektromagnetischen Strahlung erreicht werden.

5 Für die Ausbildung der an sich bekannten Mikrostrukturen ist insbesondere für die Herstellung von Formwerkzeugen ein erheblicher Aufwand erforderlich, da in solchen Werkzeugen filigrane Negativkonturen ausgebildet werden müssen. Dies kann zum einen durch eine thermische Bearbeitung mit Hilfe von fokussierten Energiestrahlen oder eine photolithographische Ausbildung erfolgen.

10 15 In jedem Fall ist ein hoher Aufwand erforderlich. Außerdem sind die so herstellbaren Mikrostrukturen auf entsprechende Mindestdimensionen, die verfahrensbedingt nicht unterschritten werden können, eingeschränkt.

20 Es ist daher Aufgabe der Erfindung eine Lösung vorzuschlagen, mit der die Oberfläche von transparenten optischen Elementen aus polymeren Werkstoffen so manipuliert werden kann, dass eine reduzierte Grenzflächenreflexion erreicht wird, wobei gleichzeitig die Herstellungskosten reduziert und die Erfindung beider Herstellung der unterschiedlichsten optischen Elementen eingesetzt werden kann.

25 30 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einem Verfahren, das die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist, gelöst, wobei ein Werkzeug zur Herstellung von optischen Elementen nach Anspruch 14 eingesetzt werden kann.

35 Vorteilhafte Ausgestaltungsformen und Weiterbildungen der Erfindung können mit den in den untergeordneten

Ansprüchen bezeichneten Merkmalen erreicht werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung transparenter optischer Elemente aus, deren Oberfläche zumindest bereichsweise eine reduzierte Grenzflächenreflexion aufweist, wird so vorgegangen, dass in einem ersten Schritt ein Bezugselement, das auch als "Master" bezeichnet werden kann und aus einem polymeren Werkstoff besteht, innerhalb einer Vakuumkammer dem Einfluss energiereicher Ionen an der jeweiligen Oberfläche ausgesetzt wird. Die energiereichen Ionen werden z.B. mit Hilfe eines Plasmas generiert und die jeweilige Oberfläche des Bezugselementes unterliegt einem Ionenbeschuss.

Als Bezugselement kann bevorzugt ein konventionell hergestelltes optisches Element eingesetzt werden, das dann, wie vorab erklärt, behandelt wird.

Durch den Einfluss der energiereichen Ionen wird auf der jeweiligen Oberfläche des Bezugselementes eine unregelmäßige Nanostruktur ausgebildet. Diese Nanostruktur zeichnet sich dadurch aus, dass eine Vielzahl von Erhebungen mit dazwischen liegenden Vertiefungen jeweils alternierend zueinander ausgebildet worden sind. Die Erhebungen und demzufolge auch die entsprechenden Vertiefungen sind über die Fläche in unterschiedlichen Dimensionen ausgebildet, so dass mit Hilfe der entsprechenden Nanostruktur eine Brechzahlgradientenschicht erreichbar ist.

In einem zweiten Schritt wird die jeweilige Oberfläche des Bezugselementes mit einer elektrisch leitenden Dünnschicht überzogen.

35

Die Dicke dieser Dünnschicht muss lediglich elek-

trisch leitende Eigenschaften erreichen, so dass in einem nachfolgend durchzuführenden dritten Verfahrensschritt eine galvanische Abformung eines Werkzeuges erfolgen kann.

5

Ein solches Werkzeug weist dann eine vollständige Negativkontur der entsprechend manipulierten Oberfläche des Bezugselementes auf, in der auch die bereits beschriebene Nanostruktur mit den Erhebungen entsprechenden Vertiefungen und Vertiefungen entsprechenden Erhebungen überlagert/integriert ist.

10

Die galvanische Abformung für die Herstellung von Werkzeugen kann auf herkömmlichem Wege durchgeführt werden und solche Werkzeuge beispielsweise durch Abscheidung von Nickel erhalten werden.

15

Mit Hilfe der so hergestellten Werkzeuge können dann die jeweiligen optischen Elemente mit an sich bekannten Formgebungsverfahren in großer Stückzahl hergestellt werden. Vorteilhaft ist es möglich, von lediglich einem Bezugselement mit ausgebildeter Nanostruktur eine Vielzahl von Werkzeugen durch galvanische Abformung herzustellen, wodurch eine weitere Herstellungskostenreduzierung erreichbar ist.

20

Neben einfach gestalteten Bezugselementen mit ebenen planaren oder auch kontinuierlich gewölbten Oberflächen können erfindungsgemäß auch Bezugselemente für die Herstellung von optischen Elementen mit diskontinuierlichen Oberflächenkonturen eingesetzt werden.

25

Solche Bezugselemente können optisch wirksame Oberflächenkonturen, beispielsweise Fresnelkonturen aufweisen und es besteht mit der erfindungsgemäßen Lösung die Möglichkeit, zumindest die Grenzflächenreflexion an Wirkflanken zu reduzieren.

30

Mit Hilfe eines Werkzeuges, wie es nach dem dritten Verfahrensschritt vorliegt, können die optischen Elemente dann entsprechend hergestellt werden. So besteht die Möglichkeit entsprechende optische Elemente durch Heißprägen von plattenförmigen Elementen oder Folien aus Kunststoff bzw. aus einem Kunststoffgranulat herzustellen.

Es ist aber ebenfalls möglich optische Elemente durch Kunststoffspritzguss in solchen Werkzeugen herzustellen.

Die optischen Elemente können aber auch durch ein Extrusionsprägeverfahren hergestellt werden.

Für den Fall, dass optische Elemente aus mindestens zwei Werkstoffen mit jeweils unterschiedlichem Brechungsindex und/oder mittels einer kratzfesteren Oberflächenbeschichtung ausgebildet werden sollen, bietet sich vorteilhaft das Verfahren der UV-Replikation an.

Die optischen Elemente können aus den unterschiedlichsten Kunststoffen hergestellt werden. Neben den gewünschten optischen Eigenschaften und hier insbesondere dem Brechungsindex, sind lediglich die Eigenschaften, die beim jeweiligen Formgebungsverfahren wesentlich sind, zu berücksichtigen.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit die optisch wirksame Nanostruktur auf einer Oberflächenbeschichtung eines optischen Elementes auszubilden. Eine solche besonders vorteilhafte "kratzfeste" Beschichtung kann beispielsweise im Sol-Gel-Verfahren, als organisch-anorganisches Hybrid-Polymer, wie es z.B. unter

Handelsbezeichnung "Ormocere" verfügbar ist, aufge-
bracht und nach bzw. bei Ausbildung der die Reflexion
vermindernden Nanostruktur ausgehärtet wird. Die an-
organische Komponente im Hybrid-Polymer ist hierbei
5 bevorzugt eine Glaskomponente (z.B. Siliziumdioxid
oder ein Silan).

In dieser Form können die die Grenzflächenreflexion
reduzierenden Nanostruktur neben optischen Elementen
aus Kunststoff auch auf Oberflächen von optischen E-
lementen, die aus Werkstoffen gebildet sind, die mit
Formgebungsverfahren nicht oder nur schwer bearbeitet
werden können, ausgebildet werden. So kann die Erfin-
dung beispielsweise auch für die Herstellung opti-
10 scher Elemente, die aus einem Glas bestehen, einge-
setzt werden.

Die die erfundungswesentliche Nanostruktur bildenden
Erhebungen mit den dazwischen liegenden Vertiefungen
können auf der Oberfläche des jeweiligen Bezugsele-
mentes so ausgebildet werden, dass die Höhen der ver-
schiedenen auf der Oberfläche ausgebildeten Erhebun-
gen in einem Bereich zwischen 30 nm und 210 nm lie-
gen. Dabei können die einzelnen Erhebungen jeweils
mittlere Dicken zwischen 30 nm und 150 nm aufweisen,
wobei unter mittlerer Dicke die jeweilige Dicke einer
Erhebung in der jeweils mittleren Höhe der Erhebung
20 verstanden werden soll.

25 Bevorzugt ist es, die Erhebungen mit ihren jeweiligen
Höhen und/oder Dicken so herzustellen, dass innerhalb
des jeweiligen Intervalls eine gleichmäßige Vertei-
lung, um einen Mittelwert, z.B. 120 nm für die Höhe
und 80 nm für die Dicke erreicht worden ist.

30 35 Diesen Angaben entspricht die Dimensionierung des Ne-

gativabdrucks der Nanostruktur auf dem Werkzeug zur Herstellung der optischen Elemente.

Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass eine solche auf einer Oberfläche von Bezugselementen ausgebildete Nanostruktur durch den zweiten und dritten Verfahrensschritt, gemäß Patentanspruch 1, auf die Oberfläche eines Werkzeuges übertragen werden kann, wobei, wenn überhaupt, nur geringfügige Abweichungen von der Positivkontur auf der Oberfläche des eingesetzten Bezugselementes zu verzeichnen sind.

Nachfolgend soll der Verfahrensschritt 1, nämlich die Ausbildung der die Oberflächenreflexion im Wesentlichen reduzierenden Nanostruktur auf Bezugselementen detaillierter beschrieben werden.

So wird ein solches Bezugselement aus einem polymeren Kunststoffwerkstoff, bevorzugt Polymethylmethacrylat (PMMA), Diethylenglycolbisallylcarbonat (CR39) oder methylmethacrylat-haltigen Polymeren in eine Vakuumkammer eingesetzt und dort dem Einfluss eines Plasmas ausgesetzt. Mit diesem Plasma werden energiereiche Ionen generiert und die gewünschte Oberfläche des Bezugselementes mit den Ionen beschossen. Bevorzugt wird ein DC-Argonplasma, dem besonders bevorzugt Sauerstoff zugegeben wird, eingesetzt.

Dabei sollte innerhalb der Vakuumkammer bei einem Druck, unterhalb 10^{-3} mbar, bevorzugt bei ca. 3×10^{-4} mbar gearbeitet werden.

Das Plasma sollte mit mindestens 30 sccm Sauerstoff betrieben werden.

Die generierten Ionen sollten Energien im Bereich

zwischen 100 eV und 160 eV aufweisen, wobei die jeweilige Ionenenergie unter Berücksichtigung des Bezugselementwerkstoffes eingestellt werden sollte.

5 Der jeweilige Bezugselementwerkstoff sollte auch bei der jeweiligen Dauer des Ionenbeschusses der Oberfläche berücksichtigt werden.

10 So können Bezugselemente aus Polymethylmethacrylat (PMMA) mit Ionen, deren Energie im Bereich zwischen 100 eV und 160 eV, bevorzugt zwischen 120 eV und 140 eV gehalten ist, über einen Zeitraum zwischen 200 s und 400 s, bevorzugt zwischen 250 s und 350 s mit Ionen beschossen werden.

15 Bei Bezugselementen aus Diethylenglycolbisallylcarbonat sollten die Ionen Mindestenergien von 120 eV, bevorzugt 150 eV aufweisen und der Ionenbeschuss über einen Zeitraum von mindestens 500 s erfolgen.

20 Bei mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten optischen Elementen konnte der Anteil der an der Oberfläche reflektierten elektromagnetischen Strahlung im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 1100 nm auf maximal 2% reduziert werden. In einem Wellenlängenbereich zwischen 420 nm und 870 nm, also einem wesentlichen Teil des sichtbaren Lichtes, konnte eine Reduzierung des reflektierten Anteils an elektromagnetischer Strahlung auf weniger als 1,5% erreicht werden.

25 30 Mit der Erfindung können die unterschiedlichsten optischen Elemente, die für elektromagnetische Strahlung und hier insbesondere im Spektralbereich des sichtbaren Lichtes, des infraroten Lichtes und teilweise auch im Spektralbereich des UV-Lichtes für verschiedenste Anwendungen hergestellt werden. So können

5

ohne weiteres auch die unterschiedlichsten projizierenden optischen Elemente und hierbei insbesondere Fresnellinsen mit verbesserten optischen Eigenschaften bei lediglich geringfügig erhöhten Kosten hergestellt werden.

10

Es ist aber auch die Herstellung anderer optischer Elemente, wie beispielsweise optischer Fenster und Prismen möglich.

15

Die Erfindung kann außerdem für die Herstellung von optischen Linsen (auch Linsenarrays), Strahlteilern, Lichtwellenleitern, Diffusoren, Lentikularen sowie für optisch transparente Folien vorteilhaft eingesetzt werden.

20

Ein weiterer wichtiger Anwendungsfall sind transparente Überdeckungen von optischen Displays oder optischen Anzeigeelementen. So können beispielsweise die Anzeigedisplays von unterschiedlichsten elektrischen oder elektronischen Geräten, wie beispielsweise Telefone erfindungsgemäß hergestellt werden.

25

Dabei können insbesondere Doppelreflexionen verhindert werden.

30

Für bestimmte optische Anzeigeelemente kann die Erfindung ebenfalls als Überdeckung eingesetzt werden, wobei dann Lichtquellen mit reduzierter Leistung eingesetzt werden können.

Nachfolgend soll die Erfindung beispielhaft näher erläutert werden.

35

Dabei zeigt:

Figur 1 eine AFM-Aufnahme (Rasterkraftmikroskop) einer Nanostruktur, die auf einem Bezugselement aus Polymethylmethacrylat ausgebildet worden ist.

5

Dabei wurde ein Bezugselement aus Polymethylmethacrylat in eine Vakuumkammer eingesetzt und in der Kammer der Druck auf $7 \text{ bis } 8 \times 10^{-6}$ mbar reduziert. Mit Hilfe einer Plasmaionenquelle APS 904 (Leybold Optics) wurde ein Argon-Plasma unter Zugabe von 30 sccm Sauerstoff erzeugt, wobei ein Druck von ca. 3×10^{-4} mbar eingehalten worden ist.

10

15

Die Plasmaionenquelle wurde mit einer BIAS Spannung von mindestens 120 V betrieben.

20

So konnten Ionen, deren Energie mindestens 120 eV betrug, generiert und diese auf die PMMA-Oberfläche des Bezugselementes geschossen werden.

25

Der Ionenbeschuss wurde über 300 s durchgeführt.

30

Wie mit Figur 1 verdeutlicht, konnte eine unregelmäßige Nanostruktur durch den Ionenbeschuss ausgebildet werden, wobei die einzelnen Erhebungen jeweils unterschiedliche Höhen im Bereich zwischen 50 bis 120 nm sowie mittlere Dicken im Bereich zwischen 50 und 120 nm aufwiesen, ausgebildet werden. In Figur 1 ist außerdem erkennbar, dass die Erhebungen ein Aspektverhältnis von ca. 1 : 1 einhalten.

35

Auf die nunmehr nanostrukturierte Oberfläche des Bezugselementes wurde eine dünne Goldschicht mit einer maximalen Schichtdicke von 5 nm, bevorzugt unterhalb 1 nm mit einem an sich bekannten Dünnschichtverfahren ausgebildet.

Das so vorbereitete Bezugselement wurde dann für eine galvanische Abformung genutzt. Dabei konnte ein Werkzeug aus Nickel hergestellt werden, dass eine nahezu identische Negativkontur, also auch mit überlagerter Nanostruktur aufwies, hergestellt werden. Dieses Werkzeug wurde dann für die Herstellung optischer Elemente in Heißprägetechnik eingesetzt, wobei ein verschleißbedingter Austausch erst nach mindestens 5 10 5000 Abformungen erforderlich war.

Fresnel Optics GmbH, FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

038P 0690

Patentansprüche

5

1. Verfahren zur Herstellung transparenter optischer Elemente, deren Oberfläche zumindest bereichsweise eine reduzierte Grenzflächenreflexion aufweist,

10

bei dem

15

die jeweilige Oberfläche eines dem jeweiligen optischen Element entsprechenden Bezugselementes, das aus einem polymeren Werkstoff besteht, in einem Vakuum dem Einfluss energiereicher Ionen ausgesetzt und

20

so auf der jeweiligen Oberfläche eine unregelmäßige Nanostruktur mit alternierend angeordneten Erhebungen und dazwischen liegenden Vertiefungen ausgebildet wird;

25

nachfolgend die jeweilige Oberfläche mit einer elektrisch leitenden Dünnschicht überzogen,

30

sich daran anschließend durch galvanische Abformung ein Werkzeug mit einer Negativkontur, die von der Nanostruktur überlagert ist, erhalten und

35

mit einem solchen Werkzeug auf mindestens einer Oberfläche eines transparenten optischen Elementes mit einem Formgebungsverfahren eine die Grenzflächenreflexion reduzierenden Nanostruktur

ausgebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Bezugselement mit einer optisch wirksamen Oberflächenkontur eingesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die energiereichen Ionen mittels eines Argon/Sauerstoff-Plasmas generiert werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Herstellung des Bezugselementes, Polymethylmethacrylat, Diethylenglycolbisallylcarbonat (CR39) oder methylmethacrylat-haltige Polymere eingesetzt werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der energiereichen Ionen die Erhebungen der Nanostruktur mit Höhen im Bereich zwischen 30 nm und 210 nm ausgebildet werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mittleren Dicken der Erhöhungen der Nanostruktur im Bereich zwischen 30 nm und 150 nm ausgebildet werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch leitende Schicht als dünne Metallschicht ausgebildet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch leitende Schicht aus Gold ausgebildet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die auf die jeweilige Oberfläche auftreffenden Ionen eine Energie im Bereich zwischen 100 eV und 160 eV aufweisen.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ionenbeschuss der jeweiligen Oberfläche über einen Zeitraum zwischen 200 s und 600 s durchgeführt wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ionenbeschuss bei einem Druck unterhalb 10^{-3} mbar durchgeführt wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Formgebung der optischen Elemente durch Heißprägen oder durch Kunststoffspritzgusstechnik erfolgt.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Formgebung der optischen Elemente durch Extrusionsprägen oder UV-Replikation erfolgt.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche eines optischen Elementes mit einem organisch-anorganischem Hybrid-Polymer beschichtet und die Nanostruktur mit einem Werkzeug auf der Oberfläche dieser Hybrid-Polymer-Schicht ausgebildet wird.

15. Werkzeug zur Herstellung optischer Elemente hergestellt mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass auf einer Oberfläche eine unregelmäßige Nanostruktur mit alternierend angeordneten Erhebungen und dazwischen liegenden Vertiefungen ausgebildet ist, und
die Vertiefungen jeweils unterschiedliche Tiefen innerhalb eines Intervalls zwischen 30 nm und 210 nm aufweisen.

16. Werkzeug nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefungen eine mittlere lichte Weite im Bereich zwischen 30 nm und 150 nm aufweisen.

17. Werkzeug nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweiligen Tiefen und/oder Dicken von Vertiefungen innerhalb eines Intervalls gleichmäßig um einen Mittelwert verteilt sind.

18. Werkzeug nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Herstellung von Fresnellinsen ausgebildet ist.

19. Werkzeug nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Herstellung optischer Fenster, optischer Linsen, Lentikularen, Strahlteilern, Lichtwellenleitern oder optischen Prismen ausgebildet ist.

20. Werkzeug nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Herstellung optisch transparenter Folien ausgebildet ist.

21. Werkzeug nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung von Überdeckungen für Displays oder für optische Anzeigeelemente ausgebildet ist.

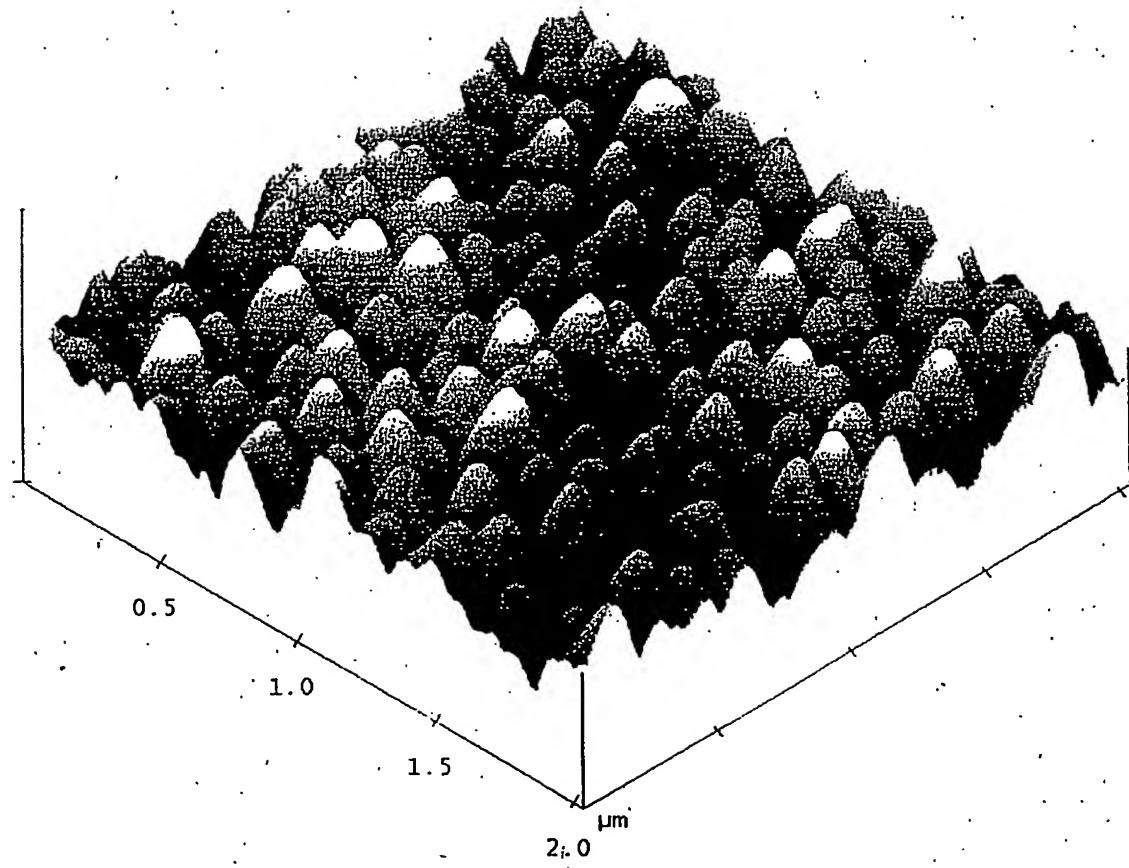


Fig. 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT OR DRAWING
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- GRAY SCALE DOCUMENTS
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.